

PCT/DE03/01713

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/523179

BEST AVAILABLE COPY



REC'D 30 JUL 2003

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 40 492.5

Anmeldetag:

3. September 2002

Anmelder/Inhaber:

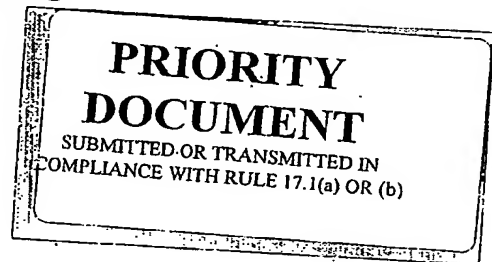
ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Verfahren zur Kalibrierung der Zylindersensorik einer
zylinderindividuell betriebenen Brennkraftmaschine
eines Kraftfahrzeuges

IPC:

F 02 D 41/30



Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Jerofsky

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart

Verfahren zur Kalibrierung der Zylindersensorik einer zylinderindividuell betriebenen Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeuges

Beschreibung

STAND DER TECHNIK

Die Erfindung betrifft allgemein zylinderindividuell betriebene Brennkraftmaschinen insbesondere von Kraftfahrzeugen und im Besonderen ein Verfahren zur Kalibrierung von in wenigstens zwei Zylindern einer solchen Brennkraftmaschine angeordneten Sensoren zur Erfassung einer den Verbrennungsvorgang im jeweiligen Zylinder charakterisierenden Größe gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1.

Zylinderindividuell betriebene Brennkraftmaschinen weisen häufig eine sogenannte Mengenausgleichsregelung (MAR) bzw. Laufruheregelung (LRR) auf, welche bspw. aus der DE 199 45 618 A1 hervorgeht. Hierzu ist jedem Zylinder der Brennkraftmaschine ein Regler zugeordnet. Hintergrund für diese Maßnahme ist, dass bei etwa auftretenden Mengenfehlern bei der Kraftstoffzumessung eine an sich unerwünschte Drehungleichförmigkeit auftritt. Wenn nun ein Zylinder aufgrund von Toleranzen eine erhöhte Kraftstoffmenge zumisst, so bewirkt die MAR, dass für diesen Zylinder eine negative Kraftstoffmenge zur Fahrerwunschmenge hinzuaddiert wird. Umgekehrt wird eine positive Kraftstoffmenge hinzuaddiert, wenn ein Zylinder eine zu geringe Kraftstoffmenge zumißt.

Mittels der beiden Regelungen MAR und LRR lassen sich im Betrieb eines Dieselmotors etwa auftretende Einspritzmengenfehler, die zu Momentenunterschieden und damit zu ungleichförmigen Motordrehzahlen führen, ausregeln und der bei Dieselmotoren bekanntermaßen kritische Motorkomfort im unteren Drehzahlbereich wesentlich verbessern. Weiterhin lassen sich mit der durch die Ausregelung herbeigeführten Gleichstellung der Zylinder nicht nur im unteren, komfortrelevanten Drehzahlbereich, sondern auch bei höheren Drehzahlen Emissionsverbesserungen erzielen.

Nun ist eine Mengengleichstellung mittels MAR oder LRR nicht in allen Betriebsbereichen eines Dieselmotors effizient, da motortypabhängig zusätzliche Effekte wie bspw. Torsionsschwingungen auf der Kurbelwelle auftreten, welche zudem stark drehzahlabhängig sind. Daher wurden auch Verfahren zum zylinderindividuellen Betrieb einer Brennkraftmaschine vorgeschlagen, bei denen eine direkte Auswertung eines mit der Verbrennung unmittelbar in Zusammenhang stehenden Signals, z.B. des Zylinderdruckes, erfolgt. Diese Verfahren ermöglichen eine Zylindergleichstellung auch bei höheren Drehzahlen. Bei diesen Verfahren werden aus dem Verlauf des Zylinderdruckes Betriebskenngrößen des Verbrennungsvorganges, bspw. der in den einzelnen Zylindern indizierte Mitteldruck bzw. das diesem entsprechende Moment oder die Schwerpunktlage des Differenzdruckes zwischen den einzelnen Zylindern, berechnet. So kann durch Regelung des indizierten Mitteldruckes eine präzisere, zylinderindividuelle Einregelung der Sollmomente und damit eine bessere Gleichstellung der Zylinder in allen Betriebsbereichen erzielt werden.

Bei zylinderdruckbasierten Motorsteuerungen werden die im Betrieb des Motors sich ergebenden Zylinderdrücke mittels Drucksensoren über der Zeit oder über den Kurbelwinkel gemessen und einer Motorsteuerung zur Verfügung gestellt. Ein derartiger Drucksensor geht bspw. aus der DE 197 49 814 A1 hervor. Weiter sind Verfahren bekannt, mit denen aus einem hochaufgelösten Drucksignal während des Motorbetriebes Kenngrößen ermittelt werden, die dann wiederum zur zylinderindividuellen Optimierung des Motorprozesses im Hinblick auf die Zielgrößen Verbrauch, Emission und Komfort benutzt werden. Als Kenngrößen werden bspw. der Druck oder Druckdifferenzintegrale, die indizierte Arbeit oder das indizierte Moment verwendet.

Ferner ist in der unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung mit dem Az. 101 59 017 ein ähnliches Verfahren offenbart, bei dem die Steuerung und/oder Regelung von Motorbetriebskenngrößen abhängig von einer von dem eigentlichen Drucksignal abgeleiteten Größen erfolgt. Diese abgeleitete Größe charakterisiert bspw. die Änderung des Drucksignals oder den Verlauf der Verbrennung. Dadurch wird eine sehr genaue Korrektur der Voreinspritzung während des Motorbetriebes ermöglicht.

Die genannte zylinderindividuelle Steuerung erfolgt üblicherweise mittels in bzw. an den Zylindern angeordneten Stellern, welche durch zylinderindividuelle Stellgrößen angesteuert werden. Bei diesen Stellgrößen handelt es sich bspw. um die Ansteuerdauern und/oder Ansteuerbeginne einer Einspritzung.

Die zylinderdruckbasierten Verfahren haben den Nachteil, dass die von den Drucksensoren gelieferten Messwerte aufgrund von fertigungs- und/oder betriebsbedingten Toleranzen häufig fehlerbehaftet sind. Werden diese Messfehler nicht korrigiert, verfälschen sie die berechneten Zylinderdruckwerte und bewirken aufgrund der genannten Regelung im Ergebnis eine Verstimmung der einzelnen Zylinder untereinander.

Die genannten Messfehler äussern sich in unterschiedlichen Sensorkenngrößen, welche in Sensorkennlinien bevorzugt sowohl als fehlerbehafteter Offset als auch als fehlerbehafteter Verstärkungsfaktor einfließen. Zur Kalibrierung bzw. Korrektur des Offset existieren bereits Lösungsansätze, bei denen der Druckanstieg zu Beginn einer Kompressionsphase der Brennkraftmaschine ausgewertet wird. Allerdings existieren bislang keine Verfahren zur Kalibrierung bzw. Korrektur etwa fehlerbehafteter Verstärkungsfaktoren. Die einzelnen Verstärkungsfaktoren spielen zudem eine übergeordnete Rolle für den gesamten Betrieb einer Brennkraftmaschine, da sie bei der Berechnung auch vieler anderer Zylinderdruckmerkmale unmittelbar einfließen.

AUFGABE DER ERFINDUNG

Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein eingangs genanntes Verfahren zur Kalibrierung von in wenigstens zwei Zylindern einer zylinderindividuell betriebenen Brennkraftmaschine angeordneten Sensoren zur Erfassung einer den Verbrennungsvorgang im jeweiligen Zylinder charakterisierenden Größe bereitzustellen, welches einen Abgleich der wenigstens zwei Sensoren mit hoher Präzision ermöglicht.

VORTEILE DER ERFINDUNG

Die genannte Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Verfahrensanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht in einem ersten Schritt vor, zur Durchführung des genannten Sensorabgleichs zunächst wenigstens einen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine anzufahren, in dem eine Gleichstellung der Zylinder in dem o.g. Sinne mit den eingangs genannten Mengengleichstellungsverfahren wie bspw. der MAR oder der LRR mit relativ hoher Präzision möglich ist. In diesem Betriebspunkt wird dann eine Gleichstellung der Zylinder mittels wenigstens eines der genannten Mengengleichstellungsverfahren durchgeführt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung können dabei solche Betriebspunkte der Brennkraftmaschine ausgewählt werden, in denen nur geringe störende Nebeneffekte wie die bereits erwähnten Torsionsschwingungen der Kurbelwelle oder eine ungleiche Brennraum-/Zylinderfüllung aufgrund von Luftmassenschwingungen zu erwarten sind. Ein bevorzugter solcher Betriebspunkt ist der Leerlaufbetrieb.

Dem ersten erfindungsgemäßen Schritt liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei einer Gleichstellung der Zylinder mittels eines genannten Mengengleichstellungsverfahrens davon ausgegangen werden kann, dass alle Zylinder die gleiche Einspritzmenge bekommen und daher das gleiche Moment bzw. den gleichen Mitteldruck liefern.

In einem zweiten Schritt wird die im ersten Schritt erlangte Gleichstellung ausgenutzt, um wenigstens eine der genannten Sensorkenngrößen wenigstens zweier Drucksensoren gegeneinander abzugleichen. Hierbei wird sich zunutze gemacht, dass die im ersten Schritt im Betrieb der Brennkraftmaschine in unterschiedlichen Zylindern sich ergebenden Verhältnisse des Verbrennungsvorganges, bevorzugt des Zylinderinnendruckes (Mitteldrucks) oder des Momentes, in erster Näherung gleich sind und somit Abweichungen der von den Sensoren jeweils erfassten Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine in erster Näherung ausschließlich aus fehlerbehafteten Sensorkenngrößen, insbesondere dem Verstärkungsfaktor und/oder dem Offset, herrühren.

Mit dem vorteilhaft im Betrieb der Brennkraftmaschine durchführbaren Abgleich lassen sich demnach fehlerbehaftete Sensorkenngrößen/-linien technisch einfach, jedoch äusserst effizient und präzise korrigieren bzw. kalibrieren und somit eine mögliche Verstimmung der verschiedenen Zylinder der Brennkraftmaschine wirksam vermeiden.

Bei den hier betroffenen Sensoren handelt es sich bevorzugt um Drucksensoren zur Erfassung des bei der Verbrennung auftretenden Zylinderinnendruckes (Mitteldrucks) und damit indirekt des durch die Verbrennung indizierten Momentes.

Im Ergebnis werden mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens durch die Korrektur des Verstärkungsfaktors und/oder des Offsets einzelner Sensoren die Druckverläufe in den Zylindern und die berechneten Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine aneinander angepasst. Das Verfahren ermöglicht zwar keine absolute Kalibrierung der Sensoren, jedoch einen relativen Abgleich der Sensoren untereinander, wodurch der zylinderindividuelle Betrieb der Brennkraftmaschine insgesamt verbessert wird.

ZEICHNUNG

Die Erfindung wird nachfolgend, unter Heranziehung der Zeichnung, anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele eingehender erläutert, aus denen sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben.

In der Zeichnung zeigen

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kalibrierungsverfahrens anhand eines Flussdiagrammes;
- Fig. 2 ebenfalls anhand eines Flussdiagrammes, ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung; und
- Fig. 3 nach einer Zylindergleichstellung mittels MAR/LRR bei einer vier Zylinder aufweisenden Brennkraftmaschine typischerweise vorliegende Sensorkennlinien.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Die Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Routine zur Kalibrierung von in den Zylindern (Brennräumen) einer Brennkraftmaschine (BKM) eines Kraftfahrzeuges angeordneten Drucksensoren, anhand dessen das Grundkonzept der Erfindung illustriert werden soll.

Die gezeigte Routine startet damit, dass die BKM gemäß Schritt 10 in einen Betriebszustand übergeführt wird, in dem eine sehr hohe Genauigkeit einer Zylindergleichstellung mittels einer Mengenausgleichsregelung (MAR) und/oder einer Laufstufenregelung (LRR) erreichbar ist. Diese Überführung geschieht in an sich bekannter Weise mittels einer elektronischen Motorsteuerung. Einen solchen Betriebszustand stellt vorliegend der lastfreie Betrieb der BKM mit der Leerlaufdrehzahl (Leerlaufbetrieb) dar, da in diesem Betriebszustand für die MAR und/oder LRR störende Nebeneffekte wie bspw. Kurbelwellentorsionsschwingungen oder Luftmassenschwingungen minimiert sind.

Im Leerlaufbetrieb wird nun gemäß Schritt 12 in an sich bekannter Weise eine Gleichstellung der einzelnen Zylinder der BKM mittels der MAR und/oder LRR durchgeführt. Durch diese Gleichstellung wird erreicht, dass alle Zylinder den gleichen effektiven Mitteldruck p_{me} liefern. Betrachtet man nun den Reibmitteldruck p_{mR}

vereinfachend für alle Zylinder als gleich, so ergibt sich für alle Zylinder der gleiche indizierte Mitteldruck p_{mi} , der sich aus einem effektiven Mitteldruck p_{me} und dem Reibmitteldruck gemäß der Beziehung $p_{mi} = p_{me} + p_{mR}$ zusammensetzt. Der indizierte Mitteldruck p_{mi} lässt sich zudem in an sich bekannter Weise aus dem jeweiligen Zylinderdruck berechnen. Daher können Unterschiede in den berechneten p_{mi} -Werten der verschiedenen Zylinder nur auf fehlerbehaftete Sensorkennlinien, insbesondere auf einen fehlerhaften Verstärkungsfaktor, zurückgeführt werden. Zusätzlich kann auch ein Offset der Sensorkennlinien eine solche Abweichung zumindest teilweise mitverursachen.

Es ist dabei anzumerken, dass die eingangs beschriebene, im Stand der Technik an sich bekannte Korrektur des Offsetwertes auf die Sensorkennlinie $U = f(p)$ bezogen ist. Im Gegensatz dazu bezieht sich die in der Fig. 3 gezeigte Offset-Korrektur auf die Kennlinie der Kenngrößen $p_{mi} = f(m_e)$. Ein Offset-Fehler in der Sensorkennlinie $U = f(p)$ wirkt sich nicht auf den berechneten p_{mi} -Wert aus. Offset-Abweichungen in den Kennlinien $p_{mi} = f(m_e)$ beruhen dagegen nicht auf Sensorfehlern, sondern auf Unterschieden im Reibmitteldruck, wobei vorauszusetzen ist, dass ein idealer Ausgleich der effektiven Mitteldrücke durchführbar ist und die genannten Steigungen bereits abgeglichen worden sind.

In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden die in Schritt 14 erfassten Zylinderdruckverläufe selbst verglichen 16 und mit dem Ergebnis dieses Vergleichs die einzelnen Sensorkenngrößen untereinander abgeglichen 18. Alternativ lassen sich auch andere Betriebskenngrößen der BKM zum Abgleich der Sensorkenngrößen/-linien nutzen. Wie in der Fig. 2 illustriert, kann der Abgleich auch durch Gleichsetzung der genannten berechneten p_{mi} -Werte erfolgen.

Es ist anzumerken, dass in dem vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel der Abgleich technisch vereinfachend in nur einem einzigen Betriebspunkt der BKM erfolgt, wohingegen bei dem in der Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wenigstens zwei Betriebspunkte angefahren werden müssen. Die letztere Variante ermöglicht indes eine höhere Kalibriergröße. Bei dem in Fig. 1 illustrierten Ausführungsbeispiel kann allerdings zur Reduzierung des Einflusses von Hub-zu-Hub-Streuungen in den Zylindern der BKM

zusätzlich eine Filterung, z.B. Mittelung über mehrere Betriebszyklen der BKM, vorgesehen sein.

In der Fig. 2 ist ein zweites Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem die Sensorkennlinien in mehreren Betriebspunkten der BKM, d.h. vorliegend bei mehreren Lasten bei konstanter Drehzahl, abgeglichen werden. Durch Berücksichtigung des genannten Offsets in den Sensorkennlinien lassen sich unterschiedliche Reibmomente bzw. Reibmitteldrücke p_{mR} der einzelnen Zylinder berücksichtigen, welche z.B. auf unterschiedliche Kompressionsverhältnisse in den einzelnen Zylindern zurückzuführen sind.

Die in Fig. 2 dargestellte Prozedur startet in Schritt 100 damit, dass ein Zähler $n = 1$ initiiert wird. In Schritt 102 wird die BKM in einen n -ten Betriebszustand, d.h. vorliegend zunächst in einen 1-ten Betriebszustand übergeführt. Dieser erste Betriebszustand ist durch eine von der Einspritzmenge m_e an diesem Betriebspunkt (m_{e1}) abhängige Last und eine im Folgenden als konstant angenommene Drehzahl z charakterisiert. In diesem ersten Betriebspunkt der BKM erfolgt in Schritt 104 eine Gleichstellung der Zylinder untereinander mittels MAR/LRR, wie anhand der Fig. 1 beschrieben. Nach erfolgter Gleichstellung der Zylinder werden mittels der Drucksensoren die in den Zylindern vorliegenden Drücke erfasst 106 und aus den erfassten Druckwerten die in den Zylindern jeweils indizierten Momente bzw. Mitteldrücke p_{mi} berechnet 108.

Das nun vorliegende Zahlentupel (p_{mi}, m_e) wird nun zwischengespeichert 110. Daraufhin wird der Zähler n um 1 inkrementiert 112 und geprüft 114, ob der inkrementierte Wert von n kleiner als eine obere Grenze n_{max} ist. In Abhängigkeit von dem Ergebnis dieses Vergleichs wird entweder zu Schritt 201 zurückgesprungen oder weiterverfahren. Die Grenze n_{max} gibt demnach vor, wie oft die Schleife 102 – 110 wiederholt wird, d.h. wie viele verschiedene Betriebspunkte der BKM angefahren werden (Last A2 bei m_{e2} , Last A3 bei m_{e3} , etc.) und wie viele der genannten Zahlentupel zwischengespeichert werden.

Ist die obere Grenze n_{max} überschritten, werden aus den zwischengespeicherten Zahlentupeln (p_{mi}, m_e) Sensorkennlinien (Fig. 3) für die einzelnen Zylinder erstellt 116.

An die einzelnen Messpunkte der Kennlinien werden mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate Ausgleichsgeraden angepasst 118. In Schritt 120 werden die Steigungen dieser Ausgleichsgeraden miteinander verglichen und jeweils Abweichungen zwischen diesen berechnet. Ist wenigstens eine dieser Abweichungen größer als ein empirisch zu ermittelnder Schwellenwert, erfolgt in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel Ausgabe einer Fehlermeldung 122 hinsichtlich der Funktion der Sensorik und/oder der BKM selbst. Der Schritt 122 ist nur optional.

Geht man hierbei in erster Näherung von einem konstanten Reibmoment bzw. Reibmitteldruck p_{mR} in den einzelnen Zylindern aus, so lässt sich die Sensorverstärkung als Steigung der Ausgleichsgeraden interpretieren. Als konstantes Reibmoment bzw. Reibmitteldruck p_{mR} ergibt sich dann der Offset der Ausgleichsgeraden für $m_e = 0$.

Ist der genannte Schwellenwert unterschritten, kann ein Abgleich der Sensorkenngrößen erfolgen. In Schritt 124 werden die Verstärkungsfaktoren der einzelnen Drucksensoren untereinander mittels Anpassung der Steigungen der Ausgleichsgeraden abgeglichen. Durch die Kurven- bzw. Geradenanpassung 126 wird mittels des genannten Offsets der Ausgleichsgeraden automatisch auch ein Abgleich der Reibmomente bzw. Reibmitteldrücke der Zylinder untereinander vorgenommen 126.

Alternativ zu dem vorbeschriebenen linearen Funktionsansatz $p_{mi} = f(m_e)$ für die Sensorkennlinien können auch polynomiale Funktionen höherer Ordnung zugrundegelegt werden. Dadurch lässt sich insbesondere ein über der Last veränderliches Reibmoment bzw. Reibmitteldruck p_{mR} berücksichtigen.

In einer weiteren, hier nicht figürlich dargestellten Verfahrensvariante wird zusätzlich eine Plausibilisierung der ermittelten Sensorkenngrößen, insbesondere der ermittelten Verstärkungsfaktoren, durchgeführt. Dadurch wird zusätzlich ermöglicht, ähnlich wie in Schritt 122 in der Fig. 2, mögliche Funktionsdefekte an einem oder mehreren der Drucksensoren oder sogar Defekte an der BKM selbst zu detektieren, jedoch mit einer gegenüber Fig. 2 höheren Güte.

Schließlich zeigt die Fig. 3 nach einer Zylindergleichstellung mittels MAR und LRR sich typischerweise ergebende Sensorkennlinien. Hierbei ist das aus den in jedem Zylinder erfassten Druckwerten berechnete indizierte Moment bzw. Mitteldruck p_{mi} über der in drei unterschiedlichen Betriebspunkten der BKM gemessenen Einspritzmenge m_e aufgetragen. An die Messpunkte wurden mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate bereits Ausgleichsgeraden angepasst. Aus der Steigung dieser Geraden ergibt sich unmittelbar der Verstärkungsfaktor der jeweiligen Drucksensoren. Wie zu ersehen weicht eine der drei Kennlinien in ihrer Steigung von den übrigen Kennlinien sichtbar ab. Gerade bei dieser Kennlinie führt ein Abgleich nach dem obigen Verfahren zu einer deutlich verbesserten Kalibrierung der Sensoren untereinander.

Es versteht sich, dass die grundlegenden Konzepte der Erfindung nicht nur bei BKM mit zylinderförmig ausgebildeten Brennräumen anwendbar sind, sondern bei wenigstens zwei Brennräume aufweisenden BKM jeglicher Art, wie bspw. Wankelmotoren. Ferner wird hier verstanden, dass die Erfindung nicht nur bei den vorbeschriebenen Drucksensoren, sondern grds. bei sämtlichen zum zylinderindividuellen Betrieb der BKM benötigten, d.h. zur Erfassung einer den Verbrennungsvorgang in den Zylindern unmittelbar oder mittelbar charakterisierenden Größe geeigneten Sensoren wie bspw. Einspritzmengensensoren oder dgl., einsetzbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung wenigstens zweier Sensoren zur Erfassung einer den Verbrennungsvorgang in einer wenigstens zwei Zylinder aufweisenden, zylinderindividuell betriebenen Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeuges charakterisierenden Größe, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Betriebspunkt der Brennkraftmaschine angefahren wird (10), in dem eine Gleichstellung der wenigstens zwei Zylinder mittels wenigstens eines Mengengleichstellungsverfahrens mit hoher Genauigkeit durchführbar ist, dass in dem wenigstens einen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine eine Gleichstellung der wenigstens zwei Zylinder mittels des wenigstens einen Mengengleichstellungsverfahrens durchgeführt wird (12) und dass nach erfolgter Gleichstellung der wenigstens zwei Zylinder wenigstens eine Sensorengröße der wenigstens zwei Sensoren gegeneinander abgeglichen wird (18).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den Verbrennungsvorgang im jeweiligen Zylinder charakterisierende Größe durch den Druck repräsentiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensorengröße ein Offset und/oder ein Verstärkungsfaktor einer Sensorenlinie abgeglichen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für den Abgleich der wenigstens einen Sensorengröße Betriebspunkte der Brennkraftmaschine ausgewählt werden, in denen geringe Störeffekte durch den Betrieb der Brennkraftmaschine zu erwarten sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus von den wenigstens zwei Sensoren erfassten Größen das in dem

jeweiligen Zylinder indizierte Moment oder der in dem jeweiligen Zylinder indizierte Mitteldruck berechnet wird und aus Unterschieden zwischen den in den wenigstens zwei Zylindern indizierten Momenten oder Mitteldrücken auf eine fehlerhafte Sensorkenngröße bzw. Sensorkennlinie geschlossen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich der wenigstens einen Sensorkenngröße durch Gleichsetzung der in den wenigstens zwei Zylindern berechneten indizierten Momente oder Mitteldrücke erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich der wenigstens einen Sensorkenngröße mittels der wenigstens einen Betriebskenngröße erfolgt (16).
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich in einem einzigen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Filterung, insbesondere eine Mittelung, über wenigstens zwei Betriebszyklen der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich in wenigstens zwei Betriebspunkten der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich der wenigstens zwei Sensorkenngrößen in wenigstens zwei Lastpunkten bei jeweils konstanter Drehzahl der Brennkraftmaschine erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 10, soweit auf Anspruch 5 rückbezogen, dadurch gekennzeichnet, dass das indizierte Moment oder der indizierte Mitteldruck aus der Summe eines effektiven Moments oder eines effektiven Mitteldrucks, und eines Reibmoments oder eines Reibmitteldrucks, gebildet wird, wobei das Reibmoment oder der Reibmitteldruck für die wenigstens zwei Zylinder in erster

Näherung als konstant angenommen wird und wobei der jeweilige Verstärkungsfaktor aus der Steigung einer Ausgleichsgeraden (Kennlinie) durch die mittels verschiedener Kraftstoffzumessmengen berechneten Werte der indizierten Momente oder der indizierten Mitteldrücke und der Offset durch das Reibmoment oder den Reibmitteldruck gebildet werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass aus einer Abweichung von in den wenigstens zwei Zylindern ermittelten Ausgleichsgeraden (Kennlinien) untereinander auf eine Fehlfunktion des jeweiligen Sensors und/oder der Brennkraftmaschine geschlossen wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das indizierte Moment oder der indizierte Mitteldruck aus einem durch ein effektives Moment oder einen effektiven Mitteldruck, und ein Reibmoment oder einen Reibmitteldruck, gebildetes Polynom berechnet wird, wobei der jeweilige Verstärkungsfaktor aus einer rechnerischen Kurvenangleichung des über verschiedene Kraftstoffzumessmengen berechneten indizierten Moments oder indizierten Mitteldrucks gebildet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein über die Last der Brennkraftmaschine veränderliches Reibmoment oder ein über die Last der Brennkraftmaschine veränderlicher Reibmitteldruck zugrundegelegt wird.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Plausibilisierung der in den wenigstens zwei Zylindern erfassten Sensorkenngrößen vorgenommen wird.

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart

Verfahren zur Kalibrierung der Zylindersensorik einer zylinderindividuell betriebenen Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeuges

Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Kalibrierung wenigstens zweier Sensoren zur Erfassung eines Verbrennungsvorgang in einer wenigstens zwei Zylinder aufweisenden, zylinderindividuell betriebenen Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeuges charakterisierenden Größe ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass wenigstens ein Betriebspunkt der Brennkraftmaschine angefahren wird (10), in dem eine Gleichstellung der wenigstens zwei Zylinder mittels wenigstens eines Mengengleichstellungsverfahrens mit hoher Genauigkeit durchführbar ist, dass in dem wenigstens einen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine eine Gleichstellung der wenigstens zwei Zylinder mittels des wenigstens einen Mengengleichstellungsverfahrens durchgeführt wird (12) und dass nach erfolgter Gleichstellung der wenigstens zwei Zylinder wenigstens eine Sensorengröße der wenigstens zwei Sensoren gegeneinander abgeglichen wird (18).

(Fig. 1)

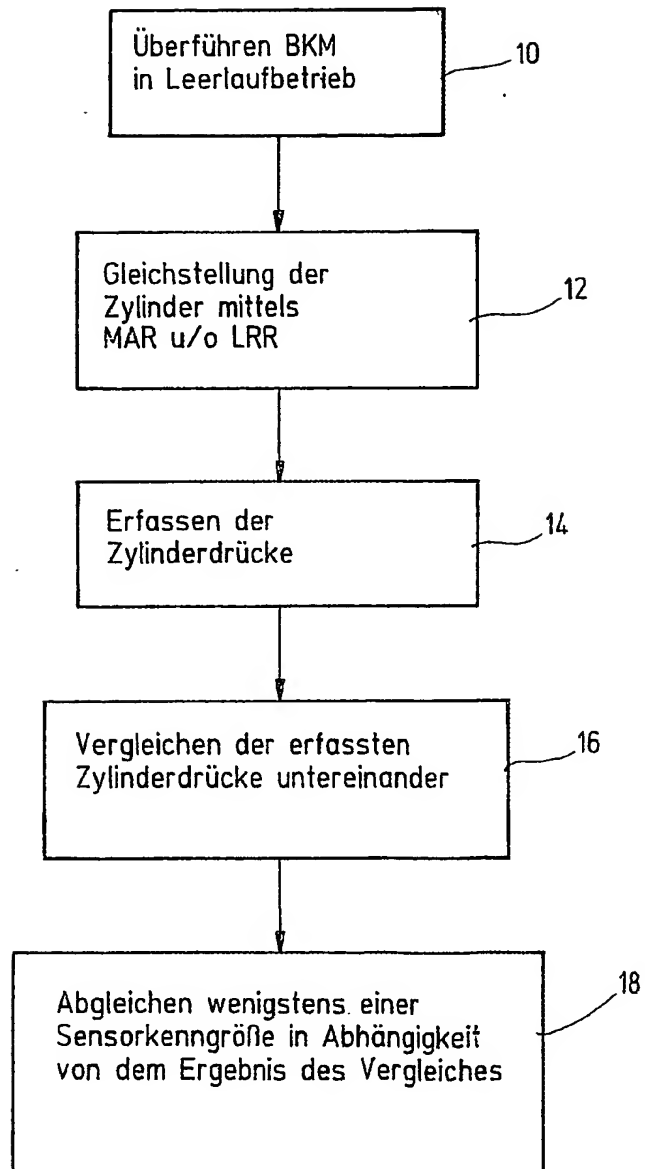


Fig.1

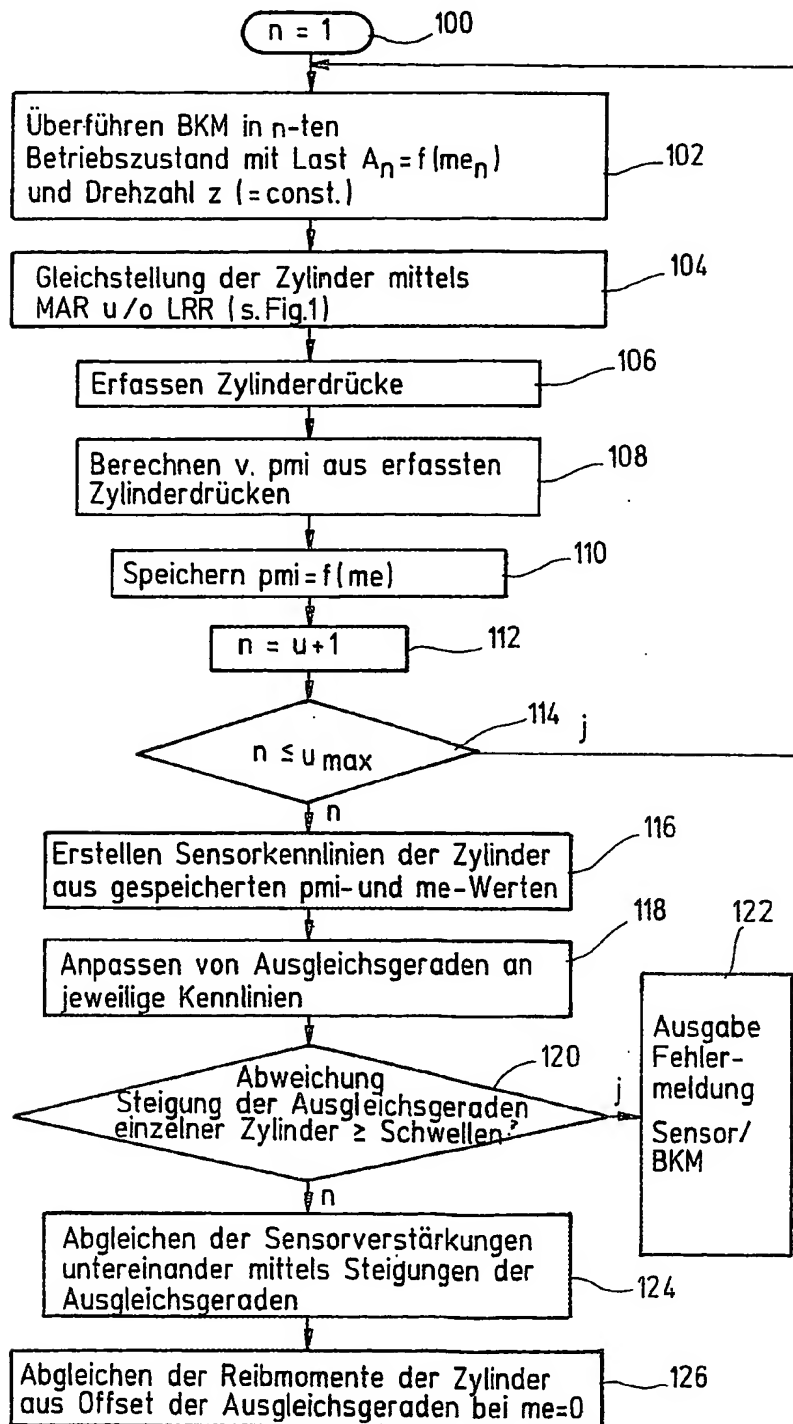


Fig. 2

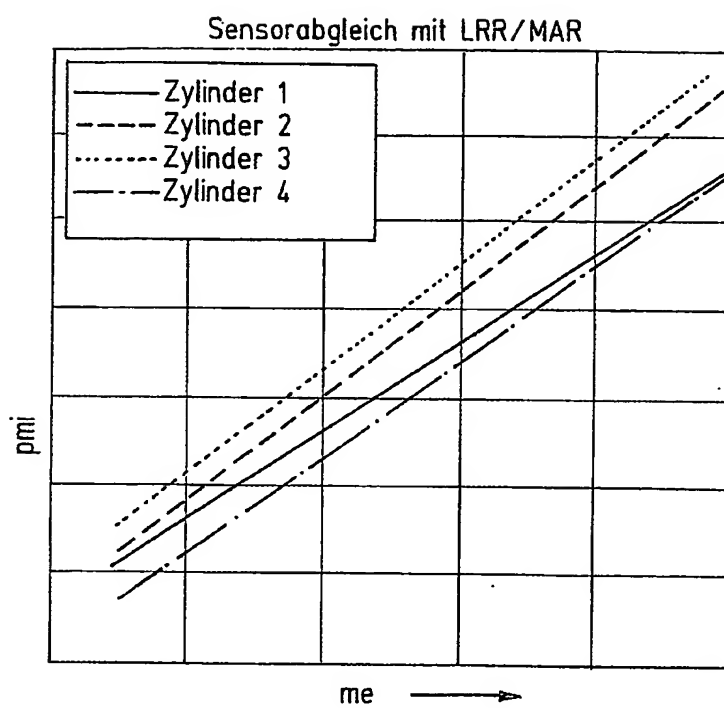


Fig.3.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.